

## UM MÉTODO EMPÍRICO PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL NO CEARÁ

ZAIRO RAMOS SILVA \*  
HAROLDO CIPRIANO PEQUENO \*  
JOSÉ LUCIANO DOMINGUES CAMPOS \*

A aplicação de qualquer método empírico para a determinação da evapotranspiração potencial em um determinado local é de validade duvidosa, a menos que o método tenha sido desenvolvido ou previamente testado nesse local.

SILVA et al.(2) compararam dados de evapotranspiração potencial obtidos através das fórmulas mais em uso na região — Penman (modificada), Thornthwaite e Blaney & Criddle — com outros, provenientes de medição direta através de evapotranspirômetros. Dasquelas fórmulas, apenas a de Thornthwaite deu uma estimativa aproximada da média, tendo, entretanto, o inconveniente de apresentar pequena variação anual.

Com o presente trabalho, visamos: a) determinar aqueles fatores meteorológicos que mais se correlacionam com a evapotranspiração potencial na zona litorânea do Estado do Ceará; b) baseados em elementos climáticos, desenvolver fórmulas empíricas que permitam uma melhor estimativa da evapotranspiração potencial para as condições litorâneas do Estado do Ceará.

### MATERIAL E MÉTODOS

A evapotranspiração potencial medida foi obtida em evapotranspirômetros modificados de Thornthwaite, instalados em Fortaleza e descritos por CAMPOS et al.(1)

Os dados climáticos de Fortaleza (Tabela I) foram fornecidos pela Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, e referem-se ao período de maio de 1969 a abril de 1971, compreendendo determinações de nebulosidade, radiação solar, insolação relativa, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e evaporação no Piche. Os dados de evapotranspiração, radiação solar e evaporação no Piche foram ajustados para um mês de 30 dias.

Os elementos climáticos foram correlacionados com a evapotranspiração potencial medida (Tabela II).

Através de regressão linear simples e múltipla, foram obtidas equações para estimativa da evapotranspiração potencial.

Para verificar a influência relativa das variáveis independentes na previsão da evapotranspiração potencial, foram determinados os coeficientes de regressão parcial estandarizado, STEEL & TORRIE(3).

---

\* Professores do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

TABELA I

Dados meteorológicos mensais de Fortaleza, Ceará, Brasil, para o período de maio de 1969 a abril de 1971. Os dados de evapotranspiração, radiação solar e evaporação no Piche estão ajustados para um mês de 30 dias.

Mês e Ano	Evapotranspiração (mm)	Radiação Solar (cal/cm <sup>2</sup> )	Nebulosidade (n/10)	Insoleção Relativa (%)	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (m/s)	Evaporação Piche (mm)
<b>1969</b>								
MAI	15,7	11.915	6,3	61	26,7	86	3,7	74,9
JUN	1,8	11.387	6,0	65	26,1	84	4,1	96,3
JUL	17,7	12.398	4,9	79	25,5	81	4,7	103,6
AGO	15,2	14.005	4,1	80	25,8	76	6,6	164,9
SET	13,5	14.243	4,3	79	26,5	72	8,2	208,8
OUT	14,4	14.033	4,9	71	26,8	72	6,4	207,1
NOV	11,0	14.392	4,8	75	26,7	71	6,3	227,1
DEZ	12,4	13.917	5,4	75	27,6	76	6,3	197,5
<b>1970</b>								
JAN	10,4	11.953	6,5	58	27,6	76	5,9	142,1
FEV	9,9	13.722	5,9	69	27,7	76	5,2	141,3
MAR	4,1	10.993	7,1	39	26,7	84	4,2	87,3
ABR	3,3	11.419	6,5	45	26,6	85	4,4	71,5
MAI	5,9	12.828	4,9	71	26,9	80	5,4	104,4
JUN	10,1	12.456	5,2	60	26,3	80	5,1	88,3
JUL	4,6	13.207	4,3	66	26,3	75	5,7	117,5
AGO	7,9	14.033	3,6	72	26,5	74	6,4	139,9
SET	0,0	14.520	3,8	74	27,0	74	7,5	174,4
OUT	2,8	15.546	3,8	78	27,2	76	6,4	204,2
NOV	3,3	13.332	5,3	68	27,1	75	5,2	169,4
DEZ	4,2	13.339	5,1	68	27,7	76	6,5	164,0
<b>1971</b>								
JAN	173,1	12.640	6,6	60	27,1	80	5,0	140,7
FEV	4,8	12.301	6,4	59	26,3	84	3,8	91,5
MAR	0,2	10.204	7,4	37	26,1	87	2,9	72,1
ABR	6,0,	10.179	7,1	42	25,8	88	2,1	48,0

TABELA II

Correlações simples entre diversos elementos meteorológicos obtidos em Fortaleza no período de maio de 1969 a abril de 1971.

	t	e	R	v	H	I	N
EP	0,683	0,381	0,321	0,278	-0,275	0,038	0,008
t		0,472	0,367	0,412	-0,424		
e			0,868	0,861	-0,904		
R				0,879	-0,861		
v					-0,919		

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos elementos meteorológicos correlacionados com a evapotranspiração potencial medida, apenas a temperatura apresentou correlação significativa ao nível de 5% de significância. Isto nos levou a considerar, na regressão linear simples, apenas a temperatura como variável independente. A equação obtida, foi:  $EP = 27,3t - 585$  (1). Onde EP = Evapotranspiração potencial em mm, para um mês de 30 dias; e onde t = temperatura média mensal em °C.

Na regressão múltipla, além da temperatura, foram usados como variáveis independentes aqueles fatores que, embora não tenham apresentado correlações significativas, tiveram as correlações mais altas.

Para simplificar, foram usadas duas variáveis independentes em cada equação, sendo que a temperatura — único fator significativamente correlacionado à evapotranspiração — participou de todas. As equações obtidas foram:

$$EP = 25,9t + 0,036 e - 552 \quad (2)$$

$$EP = 26,1t + 0,0014 R - 572 \quad (3)$$

$$EP = 27,3t - 0,066 v - 587 \quad (4)$$

$$EP = 27,6t + 0,082 H - 600 \quad (5)$$

Onde: EP = Evapotranspiração potencial em mm, correspondendo a um mês de 30 dias; t = Temperatura média mensal em °C; e = Evaporação do Piche em mm, correspondente a um

mês de 30 dias; R = Radiação solar em cal.  $cm^{-2}$ , para um mês de 30 dias; v = Velocidade do vento a 8m de altura em n/s; H = Umidade relativa em %

A importância relativa das duas variáveis independentes em cada uma das fórmulas obtidas por regressão múltipla foi determinada usando-se os coeficientes de regressão parcial estandarizado que para a fórmula (2) foram  $b'1 = 0,6474$  e  $b'2 = 0,0754$ ; para a fórmula (3) foram  $b'1 = 0,6532$  e  $b'3 = 0,0813$ ; para a fórmula (4) foram  $b'1 = 0,6847$  e  $b'4 = 0,0041$ ; para a fórmula (5) foram  $b'1 = 0,6905$  e  $b'5 = 0,0178$ . Isto indica que na previsão da evapotranspiração potencial, a temperatura tem: na fórmula (2) aproximadamente 8,5 vezes mais influência que a evaporação do Piche; na fórmula (3) aproximadamente 8 vezes mais que a radiação solar; na fórmula (4) aproximadamente 167 vezes mais que a velocidade do vento e na fórmula (5) aproximadamente 39 vezes mais que a umidade relativa.

Em virtude da maior importância da temperatura em relação às demais variáveis independentes e em razão de ser a temperatura um elemento de fácil medida, sugerimos a utilização da fórmula (1) para a estimativa da evapotranspiração potencial na zona litorânea do Estado do Ceará.

Para locais onde os dados de radiação solar ou evaporação do Piche forem disponíveis...

(3) poderão ser usadas, permitindo uma estimativa ainda mais aproximada da evapotranspiração potencial.

Acreditamos que as fórmulas aqui apresentados, por terem sido desenvolvidas a partir de dados locais, possam ser usadas com vantagem em substituição àquelas atualmente em uso e comprovadamente insatisfatórias para as condições específicas do Estado do Ceará.

A validade dessas fórmulas fica limitada às condições em que o experimento foi desenvolvido, ou seja: temperaturas médias na faixa de aproximadamente 25 a 28°C para todas as fórmulas; evaporação mensal no Piche entre 70 e 230mm para a fórmula (2) e radiação solar mensal entre 10.000 e 16.000 cal.cm<sup>-2</sup> para a fórmula (3).

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos conduzem às seguintes conclusões:

— Dos elementos meteorológicos correlacionados com a evapotranspiração potencial medida, apenas a temperatura apresentou correlação significativa ao nível de 5% de significância.

— As fórmulas obtidas por regressão linear e regressão múltipla foram:

- EP=27,3t — 585 ..... (1)  
 EP=25,9t + 0,036 e — 552 ..... (2)  
 EP=26,1t + 0,0014 R — 572 ..... (3)  
 EP=27,3t — 0,066 v — 587 ..... (4)  
 EP=27,6t + 0,082 H — 600 ..... (5)

Onde: EP = Evapotranspiração potencial em mm, para um mês de 30 dias; t = Temperatura média mensal em °C; e = Evaporação do Piche em mm, para um mês de 30 dias; R = Radiação solar em cal.cm<sup>-2</sup>, para um mês de 30 dias; v = Velocidade do vento a 8m de altura em n/s; H = Umidade relativa em %

— Levando em consideração a importância relativa das variáveis independentes, sugerimos as fórmulas (1), (2) e (3) para utilização na estimativa da evapotranspiração potencial na zona litorânea do Estado do Ceará.

— A validade dessas fórmulas fica limitada às seguintes condições: temperaturas médias na faixa de aproximadamente 25 a 28°C para todas as fórmulas; evaporação mensal no Piche entre 70 e 230mm para a fórmula (2) e radiação solar mensal entre 10.000 e 16.000 cal.cm<sup>-2</sup> para a fórmula (3).

## SUMMARY

Potential evapotranspiration obtained from a modified evapotranspirometer of Thornthwaite in Fortaleza, Ceará, Brazil, was correlated with air temperature, evaporation from Piche, solar radiation, wind velocity, relative humidity, cloudiness, and duration of sunshine, for a period of two years. Among those factors, temperature was the only one significantly correlated with potential evapotranspiration.

By simple and multiple regression, formulas with two independent variables were obtained.

The relative importance of the two independent variables in each formula was found by using the standard partial regression coefficients.

The formulas suggested to be used under the particular conditions of the State of Ceará, where mean monthly temperatures seldom reach values below 25°C or above 28°C, are:

- EP=27,3t — 585 ..... (1)  
 EP=25,9t + 0,036 e — 552 ..... (2)  
 EP=26,1t + 0,0014 R — 572 ..... (3)

where: EP = Monthly potential evapotranspiration in mm; t = Mean monthly temperature in °C; e = Monthly Piche evaporation in mm; R = Monthly solar radiation in cal.cm<sup>-2</sup>; v = Monthly wind velocity in n/s; H = Monthly relative humidity in %

BIBLIOGRAFIA

1. CAMPOS, J.L.D. et al. 1972 — Evapotranspiração potencial obtida em evapotranspirômetros modificados de Thornthwaite, em Fortaleza, Ceará, Brasil. Ciên. Agron., Fortaleza, 2 (2): 109-112.
2. SILVA, Z.R. et al. 1973 — Uso de fórmulas empíricas na estimativa da evapotranspiração potencial na zona litorânea do Estado do Ceará. Ciên. Agron., Fortaleza, 3 (1 e 2): 45-48.
3. STEEL, R.G.D. and J.H. TORRIE. 1960 — Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Co., Inc. New York, 481 pp.